

L'ÉCOCLINE SUBALPIN-ALPIN: DIVERSITÉ ET PHÉNOLOGIE DES PLANTES VASCULAIRES

par Jean-Paul Theurillat^{1,2} et André Schlüssel²

ABSTRACT

The subalpine-alpine ecocline: diversity and phenology of vascular plants.

The diversity of orophytes in the Alps (1000-1100 taxa) and some of their characteristics are briefly given. The evolution of the diversity of vascular plant species in relationship with elevation is illustrated for the two sites of the project "Ecocline" in Belalp and Val d'Arpette (Valais, Switzerland). The phenological development of the Arola pine (*Pinus cembra* L.) in relationship with elevation is shown for the Val d'Arpette.

ZUSAMMENFASSUNG

Subalpin-Alpine Ökokline: Diversität und Phänologie der Gefäßpflanzen

Die Diversität der Gebirgspflanzen in den Alpen (1000-1100 Taxa) und einige ihrer Besonderheiten werden kurz erläutert. Die Abhängigkeit der Diversität der Gefäßpflanzenarten von der Höhenlage in den beiden Untersuchungsgebieten des Projekts «Ökokline», Belalp und Val d'Arpette (Wallis, Schweiz), wird aufgezeigt, wie auch die phänologischen Entwicklungszustände der Arve (*Pinus cembra* L.) in verschiedenen Höhenlagen im Val d'Arpette,

LA DIVERSITÉ SPÉCIFIQUE

Avec près de 4500 espèces et sous-espèces, soit près du tiers de la flore européenne, la richesse floristique des Alpes n'est certes plus à démontrer et plusieurs travaux de synthèse ont été réalisés à son sujet (par exemple FAVARGER, 1972, 1989, 1995a & b; OZENDA, 1985; PAWLOWSKI, 1970). Cependant, il reste un certain nombre de lacunes dans la connaissance de la distribution des espèces sur l'ensemble de l'arc

¹ Centre alpin de phytogéographie, Fondation J.-M. Aubert, CH-1938 Champex.

² Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, Case postale 60, CH-1292 Chambésy.

alpin. Les étages subalpin et alpin hébergent un peu moins du quart des espèces recensées dans les Alpes, soit environ 1000-1100 taxons, que l'on qualifie d'orophytes, c'est-à-dire de plantes croissant à haute altitude. Cela nécessite des adaptations morphologiques et physiologiques pour vivre dans le froid, notamment à des températures nocturnes généralement basses durant une période de végétation ne dépassant pas six mois dans le bas de l'étage subalpin et n'atteignant pas deux mois au sommet de l'étage alpin, ainsi que de pouvoir supporter plus ou moins le gel. On observe une diminution du nombre d'espèces avec l'altitude.

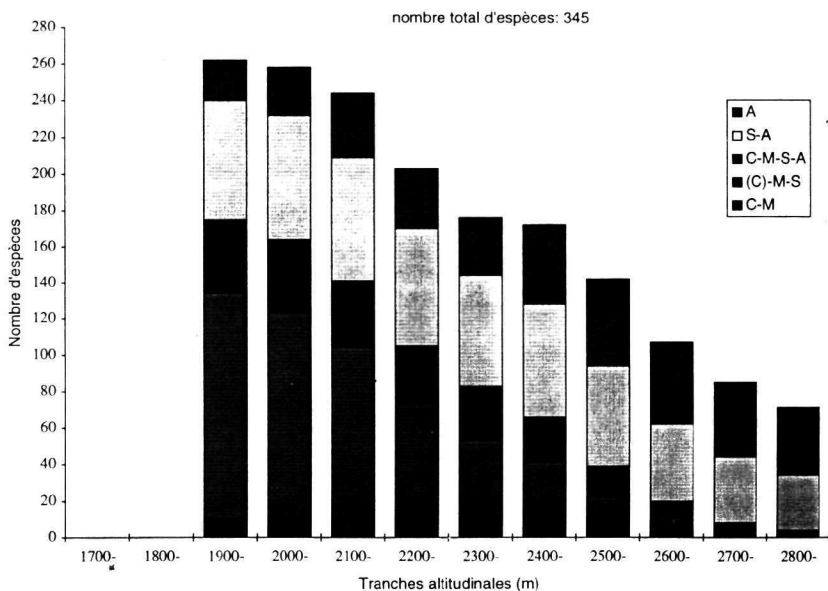


Figure 1. Distribution du nombre d'espèces par tranche altitudinale de 100 m à Belalp. Les espèces sont regroupées en cinq classes d'altitude en fonction des étages de végétation, les indications d'étage ayant été tirées d' AESCHIMANN & BURDET (1994). A: espèces alpines; S-A: espèces subalpines-alpines; C-M-S-A: espèces collinéennes-alpines; (C)-M-S: espèces (collinéennes)-montagnardes-subalpines; C-M: espèces collinéennes-montagnardes.

Figure 1. Distribution of the number of species in altitudinal sections of 100 m in Belalp. The species are clustered in five altitudinal classes based on the vegetation belts. The indications about vegetation belts are taken from AESCHIMANN & BURDET (1994). A: alpine species; S-A: subalpine-alpine species; C-M-S-A: colline-alpine species; (C)-M-S: (colline)-montane-subalpine species; C-M: colline-montane species.

La spécialisation des orophytes en fait des plantes sensibles à une augmentation de la température moyenne annuelle. Cela peut être pour des raisons physiologiques, par exemple par manque d'acclimatation, c'est-à-dire d'adaptation, à des températures nocturnes plus élevées, avec pour conséquence un métabolisme nocturne trop élevé qui finit par épuiser la plante si celle-ci n'arrive pas à compenser l'énergie consommée la nuit par son activité photosynthétique diurne. Mais, d'une manière générale, les orophytes présentent un pouvoir compétitif plus faible vis-à-vis des plantes de plus basse altitude qui sont plus "agressives" avec un allongement de la période de végétation. Ceci est particulièrement le cas pour un grand nombre d'espèces de l'étage alpin qui sont des plantes héliophiles de petite taille ne supportant pas la concurrence d'espèces de plus grande taille pour la lumière.

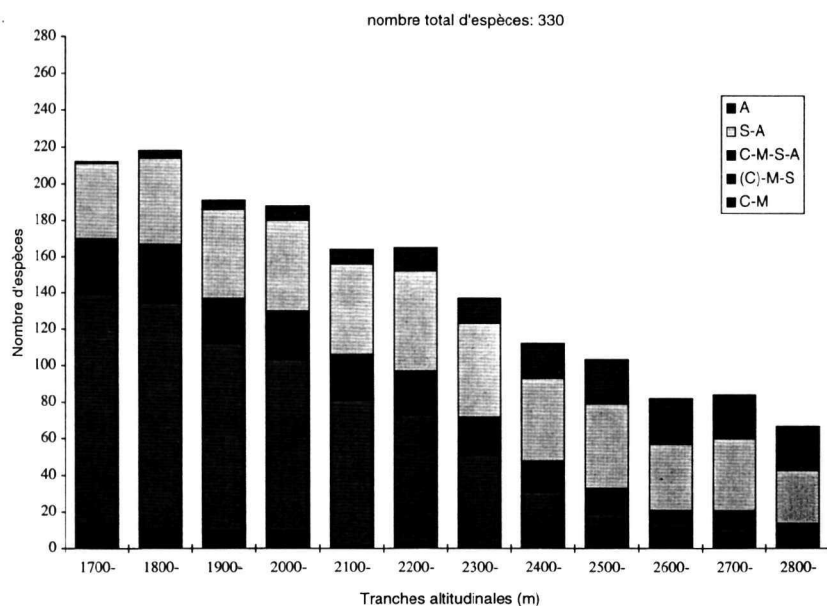


Figure 2. Distribution du nombre d'espèces par tranche altitudinale de 100 m au Val d'Arpette. Voir figure 1 pour les explications.

Figure 2. Distribution of the number of species in altitudinal sections of 100 m in the Val d'Arpette. See figure 1 for explanations.

Il faut savoir en effet qu'une augmentation de la température moyenne de 0,55°C correspond à un allongement moyen de la période de végétation de neuf jours environ, dont six au printemps et trois en automne. On comprend par là l'impact potentiel d'une élévation de la température moyenne annuelle de plusieurs degrés sur la flore et la végétation alpine, une élévation de 3,8°C correspondant à l'amplitude d'un étage entier de végétation (700 m) (THEURILLAT, 1995; THEURILLAT & al., sous presse).

Afin de connaître la distribution de la flore et sa relation avec la diminution de la température avec l'altitude dans les deux transects du

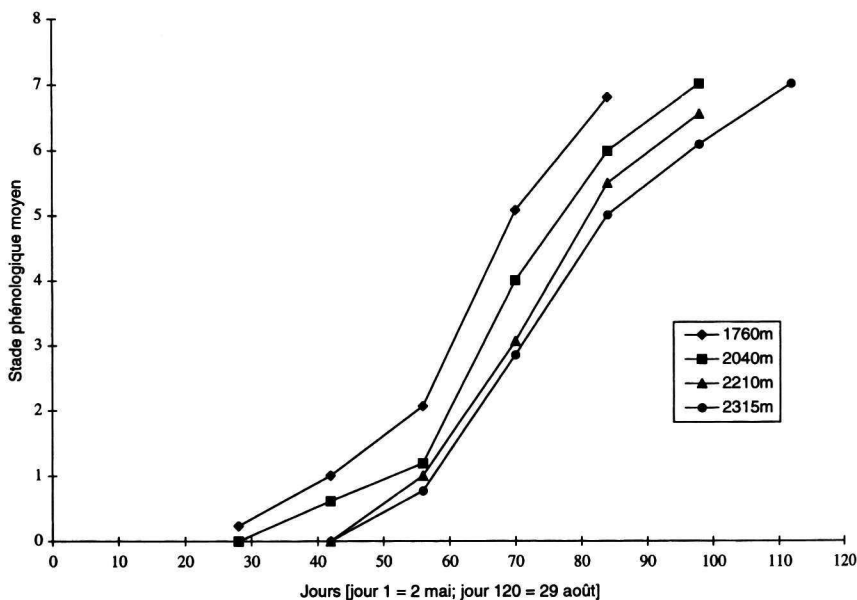


Figure 3. Développement phénologique moyen des cônes mâles du *Pinus cembra* au Val d'Arpette à quatre altitudes différentes en 1995. Stade 1: aiguilles < 3 mm; stade 2: aiguilles 3-6 mm, boutons des cônes visibles; stade 3: aiguilles > 6 mm, boutons des cônes toujours cachés; stade 4: cônes partiellement dégagés; stade 5: cônes totalement dégagés, en pré-pollinisation; stade 6: pollinisation; stade 7: fin de la pollinisation.

Figure 3. Mean phenological development of male cones of *Pinus cembra* in the Val d'Arpette at four different elevations. Stage 1: needles < 3 mm; stage 2: needles 3-6 mm, buds of cones visible; stage 3: needles > 6 mm, buds of cones still hidden; stage 4: cones partially free; stage 5: cones totally free, in pre-pollination; stage 6: pollination; stage 7: end of pollination.

Val d'Arpette et de Belalp (Valais, Suisse) du projet "Ecocline" (voir THEURILLAT & *al.*, 1997, ce Bulletin), un inventaire des espèces à été conduit par tranche altitudinale de 100 m. Il en ressort que le nombre de taxons trouvés dans chaque site est du même ordre de grandeur, 330 pour le Val d'Arpette et 345 pour Belalp. La similarité entre les deux sites est élevée, les principales différences intervenant au niveau des milieux spécialisés, tels que les milieux humides, bien représentés à Belalp, très rares sur les versants du Val d'Arpette. Il apparaît également une plus grande richesse en espèces alpines à Belalp. Par ailleurs, chaque site possède en propre quelques espèces rares qui le caractérisent d'un point de vue phytogéographique, par exemple *Centaurea nervosa* Willd. et *Sedum anacampseros* L. au Val d'Arpette, *Campanula excisa* Murith et *Gentiana ramosa* Hegetschw. à Belalp.

La distribution par tranche altitudinale de cent mètres montre que la diversité floristique diminue de manière progressive avec l'altitude (figures 1 & 2). Cette diminution est un peu plus forte à Belalp qu'au Val d'Arpette. Dans la tranche altitudinale comparable de 1900 à 2800 m, le nombre d'espèces chute de 192 à Belalp et seulement de 124 au Val d'Arpette. La structure floristique n'est pas non plus identique entre les deux transects, le nombre d'espèces alpines étant nettement plus élevé à altitude égale à Belalp qu'au Val d'Arpette.

On peut déduire de ces premiers résultats que le site mésophile de Belalp favorise la diversité des espèces de haute altitude qui descendent jusque dans les tranches inférieures, grâce sans doute à un enneigement plus prononcé et de plus longue durée. Pour sa part, le site rocheux du Val d'Arpette permet la conservation en altitude des espèces à grande amplitude altitudinale, ainsi que des espèces subalpines, comme par exemple l'arole (*Pinus cembra* L.) que l'on rencontre encore à plus de 2800 m.

LA PHÉNOLOGIE DU DÉVELOPPEMENT

Un autre aspect où la température influence fortement les plantes réside dans le développement et la croissance de ces dernières. Afin de connaître dans quelle mesure le développement et la reproduction des espèces de l'étage subalpin supérieur est dépendant de la température, la phénologie, c'est-à-dire l'étude des phases du développement, a été étudiée pour six espèces importantes de cet étage: *Larix decidua* Miller, *Pinus cembra* L., *Pinus mugo* subsp. *rotundata* (Link) Janchen & Neumayer, *Alnus viridis* (Chaix) DC., *Rhododendron ferrugineum* L., et *Vaccinium myrtillus* L. Au total, 31 placettes d'observation sont suivies durant la période de végétation, dont 13 à Belalp et 18 au Val d'Arpette.

Les placettes sont disposées à un interval régulier d'environ 200 m. Dans tous les cas, on a pu observer une relation entre la température moyenne de l'air et le développement phénologique, et chaque espèce présente des caractéristiques qui lui sont propres. Il existe également des différences entre les deux sites. Parmi les premiers résultats, il ressort deux types de stratégies. L'une où les plantes commencent leur développement dès que la température moyenne journalière de l'air dépasse 0°C (*Larix decidua*, *Alnus viridis*, *Vaccinium myrtillus*), et l'autre où il faut une certaine accumulation de chaleur pour que le développement puisse débuter (*Pinus cembra*, *P. mugo*, *Rhododendron ferrugineum*). La figure 3 illustre le développement phénologique de l'arole au Val d'Arpette en fonction de l'altitude durant l'année 1995.

Remerciements

Les recherches sont effectuées grâce aux subsides du Fonds national de la Recherche scientifique que nous remercions (FNRS 5001-35349 et 5001-44604).

RÉSUMÉ

L'écocline subalpin-alpin: diversité et phénologie des plantes vasculaires.

La diversité des orophytes dans les Alpes (1000-1100 taxons) et de quelques-unes de leurs caractéristiques sont brièvement rappelées. L'évolution de la diversité spécifique des plantes vasculaires en fonction de l'altitude est illustrée dans les deux sites "Ecocline" de Belalp et du Val d'Arpette (Valais, Suisse) de même que le développement phénologique de l'arole (*Pinus cembra* L.) en relation avec l'altitude au Val d'Arpette.

Bibliographie

- AESCHIMANN, D. & H. M. BURDET. 1994. *Flore de la Suisse*, ed. 2. Le Griffon, Neuchâtel.
- FAVARGER, C. 1972. Endemism in the montane floras of Europe. In: VALENTINE, D. H. (ed.) *Taxonomy, phytogeography and evolution*. Academic Press, London: 191-204.
- FAVARGER, C. 1989. La flore. La végétation. In: SCHAEER, J.-P., P. VEYRET, C. FAVARGER, G. DU CHATENET, R. HAINARD, & O. PACCAUD (eds.) *Guide du naturaliste dans les Alpes*, ed. 2. Delachaux & Niestlé, Neuchâtel: 131-257.
- FAVARGER, C. 1995a. *Flore et végétation des Alpes. 1. Etage alpin*, ed. 3. Delachaux & Niestlé, Lausanne.
- 1995b. *Flore et végétation des Alpes. 1. Etage subalpin*, ed. 3. Delachaux & Niestlé, Lausanne.
- OZENDA, P. 1985. *La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen*. Masson, Paris.

- PAWLOWSKI, B. 1970. Remarque sur l'endémisme dans la flore des Alpes et des Carpathes. *Vegetatio* 21: 181-243.
- THEURILLAT, J.-P. 1995. Climate change and the alpine flora: some perspectives. In: GUISAN, A., J. HOLTEN, R. SPICHIGER & L. TESSIER (eds.) 1995. *Potential ecological impacts of climate change in the Alps and Fennoscandian mountains*. Conservatoire et Jardin botaniques, Genève: 121-127.
- THEURILLAT, J.-P., F. FELBER, P. GEISSLER, J.-M. GOBAT & M. FIERZ, A. FISCHLIN, P. KÜPFER, A. SCHLÜSSEL, C. VELLUTI & G.-F. ZHAO (sous presse). Sensitivity of vegetation and soil ecosystems of the Alps to climate change. In: CEBON, P., U. DAHINDEN, H. DAVIES, D. IMBODEN & C. JÄGER (eds.) *A view from the Alps: Regional perspectives on climate change*. MIT Press, Boston.
- THEURILLAT, J.-P., F. FELBER, P. GEISSLER, A. GUISAN & J.-M. GOBAT. 1997. Le projet "Ecocline" et le programme prioritaire "Environnement". *Bull. Murith.* 114: 151-162.

